

**論説 災害時危機管理政策の基本情報に関する一
考察： 阪神・淡路大震災時の避難交通需要特性を
中心に**

著者	崔 宰栄
雑誌名	筑波法政
巻	32
ページ	127-149
発行年	2002-03-29
URL	http://hdl.handle.net/2241/00155994

災害時危機管理政策の基本情報に関する一考察

——阪神・淡路大震災時の避難交通需要特性を中心に——

崔 宰 榮

本研究は、災害時、危機管理の政策に必要なとする基本情報 (intelligence needs of policy) に資するため、平成七年一月一七日に発生した阪神・淡路大震災を対象とし、災害時の避難交通需要特性を明らかにするとともに、その需要に影響する要因を究明することを目的としたものである。その結果、未明に発生した発災当日の避難交通は、三つのピーク時間帯を形成するパターンで、平常時の都市部のパターンと類似しており、被害程度の増加とともに、避難交通は一定水準まで増えている。また、避難先別分布交通は、避難先までの距離が交通抵抗となつて、距離が遠くなるほど減っており、公共性の高い避難先ほどモビリティの低い徒歩という避難交通手段が多くを占める。避難交通需要に影響を及ぼす要因は、世帯特性と被害特性で、家族数の少ない世帯、乳幼児のない世帯、被害程度が高い地域の世帯ほど、避難交通を発生しやすい傾向であることがわかった。

一、まえがき

二、分析データの概要

三、避難交通の交通需要特性

四、避難交通需要の要因分析

五、まとめ

一、まえがき

災害発生後、道路施設などの被災により、交通機能の大幅な低下の中で、避難交通は、徒歩だけではなく車両をも利用し、世帯を中心に、短時間に多く発生していると指摘されている^(一)。

そのため、避難交通の安全確保や誘導に重大な支障をきたすばかりでなく、最も重要である初期段階の円滑な救助・救援活動や消防活動、および、その後の復旧活動にも大きな影響を及ぼしている。このような問題は、阪神・淡路大震災時にも議論^(二)されているなど、避難交通の需要把握は、重要な課題である。しかし、避難交通の需要把握は、災害時の危機管理政策の立案やそれを根とする避難施設計画、避難路の確保と誘導計画、非常時の交通管理計画や評価などに基礎指標として提供されるなど、重要な位置を占める。

しかし、災害時の避難に関しては、避難という事象を質として取り上げ、避難者の避難行動や意識などに着目した研究は多数行われているものの、需要という量として検討された例は多くはない^{(三)(四)(五)}。

そこで、本研究は、災害時、危機管理政策に必要とする基

本情報 (intelligence needs of policy)^(六) に資するため、阪神・淡路大震災 (平成七年一月一七日) の発災当日の避難交通を対象とし、災害時の避難交通の需要特性を明らかにするとともに、その需要に影響する要因を究明することを目的とする。

二、分析データの概要

本研究で取り上げる阪神・淡路大震災は、兵庫県南部地震 (マグニチュード七・二) によってもたらされたものであり、関東大震災 (大正一二年九月一日) 以降、大都市部に最も大きい被害をもたらした震災の一つである。

兵庫県南部地震は、平成七年一月一七日 (火) 午前五時四六分、兵庫県淡路島北部の深さ一六 km を震源として発生し、神戸市と阪神間および淡路島北部の市町の広い範囲で被害をもたらした。そのなかでも、神戸市では、死者四千人を超える人的被害、建物六万七千棟以上の全壊や交通施設 (道路、鉄道など) 九百ヶ所以上の物的被害などの甚大な被害を受けた。表一は、神戸市の被害状況などの概要^{(七)(八)}を示したものである。

神戸市には、図一に示すように九区あるが、本研究では、

表一 震災の概要

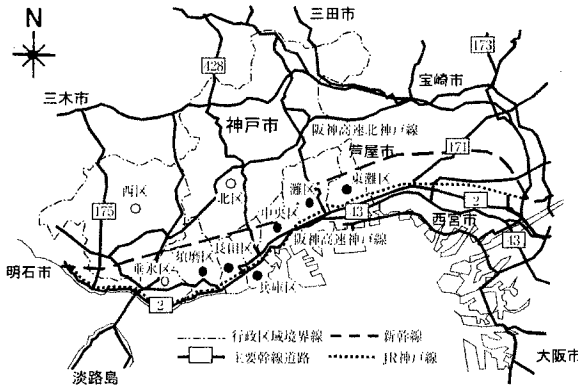
(平成12月1日現在)

区 分	内 容
発生日時	平成7年1月17日(火) 午前5時46分
震源地	兵庫県淡路島 北緯34.36° 東経135.02° (震源の深さ16km)
規模	マグニチュード7.2
被害概要 (神戸市)	<ul style="list-style-type: none"> ・死者: 4,571人 ・避難者数: 236,899人 ・全壊建物: 67,421棟 ・火災発生件数: 175件¹⁾ ・道路: 960ヶ所²⁾ ・橋梁: 74ヶ所 ・港湾: 239ヶ所 ・鉄道: 9ヶ所

注) 1. 火災発生件数は、1月17日～27日の10日の集計値である。
2. 道路などの交通施設の被害ヶ所数は、文献(九)によるものである。

地震による被害の大部分を占める東灘区、灘区、中央区、兵庫区、長田区、須磨区の六区を研究対象地域とする。これら地域は、臨海部に沿って位置しており、東西方向に縦断するJR神戸線、山陽新幹線の鉄道や国道二、四三号線、阪神高速神戸線などの主要幹線道路が集中している。とくに、これらの地域には、今回の震災によって生じた神戸市の死者数四五七一人の九八・九%(四五二三人)が、集中している。

避難交通需要の分析データは、表二に示すように、既存の調査



「〇・七七」を用いたもので、各調査項目については、本研究の目的と欠損値などその回答状況にあわせ、再編成した。既存の調査「〇・七七」は、本研究の対象地域である神戸市六区で行われたもので、調査地域の約一万世帯を調査対象とし、震災発生から三ヶ月後に、郵送配布・郵送回収したものである。しかし、郵送配布した世帯のうち、約二五%(二五〇〇世帯)程度のもので、あて先不明により返送されてきたため、サンプルの偏りがあり得る。最終的には、二七四八世帯の有効回答が得られ、調査地域六区の総三五万七六五世帯(平成六年一二月現在)「〇・七七」に対し、〇・七七%のサンプル抽出

表二 分析データの概要

区分	内 容
調査概要	<ul style="list-style-type: none"> ・調査日時：平成7年4月 ・調査地域：神戸市市内6区 (東灘区、灘区、中央区、兵庫区、長田区、須磨区) ・調査対象：調査地域内の約1万世帯 ・有効回答：2,748世帯（抽出率0.77%）
分析データ	<ul style="list-style-type: none"> ・有効解析サンプル数：1,469世帯（抽出率0.41%） ・世帯特性：家族数、乳幼児の有無、高齢者の有無 ・被害特性：家屋の被害有無、地域の住宅全壊率 ・避難特性：避難交通の発生有無、避難同伴者数、避難先、避難開始時間、避難先までの距離、避難交通手段、避難理由

- (注) 1. 調査概要は、既存調査¹⁰⁾の内容である。
 2. 分析データは、本研究の目的に合わせ、既存の調査項目から再構成したものである。
 3. 被害特性である地域の住宅全壊率¹¹⁾は、建物の建築面積をベースとし、分析対象サンプルが居住していた町レベルで算出したもので、算出式は、「(全壊)建住宅+全壊集合住宅)/(全用施設一本調査用施設)」である。

率を示すものである。
 分析データは、避難主体の世帯属性に関する「世帯特性」項目、震災の影響程度に関する「被害特性」項目、地震発生当日の避難交通需要に関する「避難特性」項目の三項目で、既存調査結果から再編成した。また、地域の住宅全壊率は、町単位のものである。本研

究の分析用データとして利用したサンプル数は、最大一四六九世帯で、研究対象地域六区の〇・四一%である。

一方、本研究に要する適切なサンプル数は、母集団の特性値である母数(parameter)、すなわちここでは、震災時の世帯当り避難トリップ数、人口当り避難トリップ数、避難交通手段の分担率など、避難交通需要に関する指標で、過去の実績や経験の情報から求められる。しかし、今まで、本研究対象地域のように、大都市部などにおける避難交通需要を対象とした研究例もないため、適切な母数を得るのは、極めて困難なものである。

そこで、本研究では、避難行動の主体が主に世帯であることから、母集団の平均世帯人数(人/世帯)を推定母数と見なし、次式(一)により分析に必要なサンプル数を概算した。なお、式(一)の各パラメータ、信頼度係数Nは信頼度九〇%の二・五七五、精密度 α は〇・一〇、標準偏差Sは母数がわからないため、既存の調査結果¹²⁾から得た一・三九人/世帯、母集団数Nは調査対象六区の世帯数、三万七七六五世帯を設定する。

$$n = \frac{Z^2 S^2 / P}{(1 - P) + Z^2 S^2 / N} \quad (一)$$

ここで、n：サンプル数

N：信頼度係数(信頼度九九%の二・五七五)

R: 精密度 (〇・一〇人/世帯)

S: 標準偏差 (一・三九人/世帯)

N: 母集団数 調査対象六区、三五万七七六五世帯)

その結果、本研究に耐え得るサンプル数は一二七七世帯(抽出率〇・三六%)と算出され、最終的に用いたサンプル数一四六九世帯を下回っており、本研究に適切なサンプル数であると考えられる。この一四六九世帯の家族数構成をみると、家族数二人、四人世帯が、二八・〇%、二四・〇%で最も割合が多く、家族数六人世帯は、五・四%で少ない割合を占める。

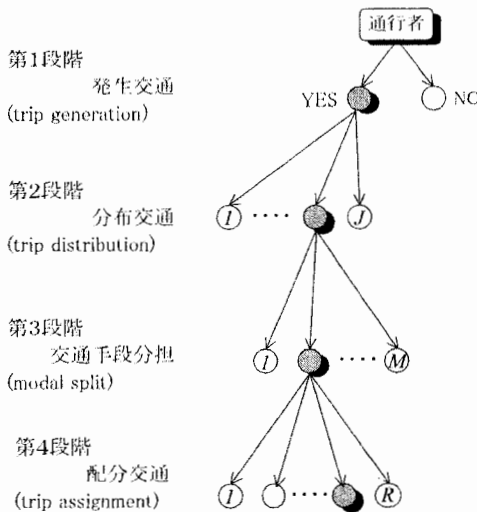
ただし、分析データ一四六九世帯の中には、分析項目によって部分的な回答しかされていないものも含まれているため、分析にはできる限り多いサンプルを用いるようにし、その有効解析サンプル数は当該分析の個所で示すこととする。

三、避難交通の交通需要特性

一般的に、交通需要予測モデルや需要解析は、発生交通(trip generation)、分布交通(trip distribution)、交通手段分担(modal split)、配分交通(trip assignment)とい

災害時危機管理政策の基本情報に関する一考察(崔)

う伝統的な四段階のプロセス¹⁾で行われている。災害時の避難交通においてもこの四段階のプロセスにより、避難交通需要は生じるとみなすことができる。図二は、交通需要の四段階プロセスを示したものである。本研究では、この四段階のうち、第一・三段階である発生交通、分布交通、交通手段分担の三つに着目し、発災当日の避難交通需要特性を分析する。



図二 交通需要の四段階プロセス

ここで、避難交通とは、震災による危機感や生活維持困難（寝場所の喪失など）から、居場所から安全な場所などへ逃れる人々の移動を示す。また、交通計画のパーソントリップは、一定以上の距離や時間におけるある目的をもつ移動をトリップとする場合（例えば、徒歩などによる五分以上の移動）もあるが、本研究では、このような条件を考慮せず、震災からの危険性などを避けて居場所以外の空間に逃げる目的の移動を、避難交通とする。

(一) 避難交通の発生交通特性

a、避難交通の発生状況

発生交通は、生成交通 (trip production) と集中交通 (trip attraction) の二つの交通需要で構成される。ここでは、生成交通に焦点をおいて分析することとし、これを以下発生交通とする。有効解析サンプル一四六九世帯を用いて、表三に発災当日における避難交通の発生状況を示す。

これによれば、避難交通は二一・三トリップが発生し、世帯当り避難トリップ数 (A/D) は一・四四トリップ/世帯であった。また、避難交通のトリップ発生率をみると、人口ベース (A/C) の場合四六・二%、世帯ベース (B/D) の場合四九・六%、世帯ベースの方が多少高いものの、ほぼ同じ水準のトリップ発生率である。

表三 避難交通の発生状況

区 分		計	地域の住宅全壊率 ¹⁾			
			15%以下	15～30%	30～45%	45%以上
避難トリップ数（A）		2,113	1,167	585	296	65
避難世帯数（B）		729	407	204	98	20
世帯当り避難トリップ数（A／D）		1.44	1.20	1.86	2.08	1.55
トリップ 発生率（%）	A／C（人口ベース）	46.2	38.5	60.7	67.0	46.8
	B／D（世帯ベース）	49.6	41.9	65.0	69.0	47.6
平均避難同伴者数（A／B）		2.90	2.87	2.87	3.02	3.25
総人口（C）		4,572	3,028	963	442	139
総世帯（D）		1,469	971	314	142	42

注) 1. 地域の住宅全壊率は、町単位のものである。

他方、地域の住宅全壊率別世帯当り避難トリップ数を見ると、全壊率三〇%以下と、全壊率三〇%以上と、二・〇八トリップ/世帯、一五・三〇%で一・八六トリップ/世帯の避難トリップが発生する。しかし、被害程度が低い水準（全壊率一五%以下）か、最も高い水準（全壊率四五%以上）では、世帯当り避難トリップ数が、各々一・二〇トリップ/世帯、一・五五トリップ/世帯で、全壊率一五%以下に比べ、相対的に少ない避難トリップ数である。最

後に、避難世帯の平均避難同伴者数(A/B)をみると、避難交通全体(計)で、二・九〇人/世帯である。地域の住宅全壊率別平均避難同伴者数は、全壊率四五%以上で最も多い二・二五人/世帯であり、全壊率が増加するとともに、避難世帯の平均避難同伴者数も増加する傾向がある。

以上のことから、避難交通の発生交通は、地域の住宅全壊率、すなわち地域の被害程度が増加するとともに、増加するものと考えられる。これは、地域の被害程度の増加が、人々に、災害による直接的な危機感を増幅させたことと、住宅施設の被害による発災当日の生活維持の困難性(寝場所の喪失など)を高め、避難交通発生を促進させたものと思われる。

一方、地域の被害程度が一定水準(ここでは、住宅全壊率四五%以上)を超えた場合、平均避難同伴者数を除いた避難交通の発生交通は他に比べ相対的に抑制される傾向を示している。これは、「地域の被害程度(建物全壊率)が高いと道路閉塞程度も高い」^(四、二五)ということから、地域における被害程度が増加するとともに、道路閉塞程度も増加するため、避難交通の移動性を制約するなど、抑制要因として働いた結果と考えられる。

以上のことから、阪神・淡路大震災時の避難は、世帯を中心に行っていること、人口ベースと世帯ベースの避難交通の発生状況にそれほど差が見られないことから、以後の分析で

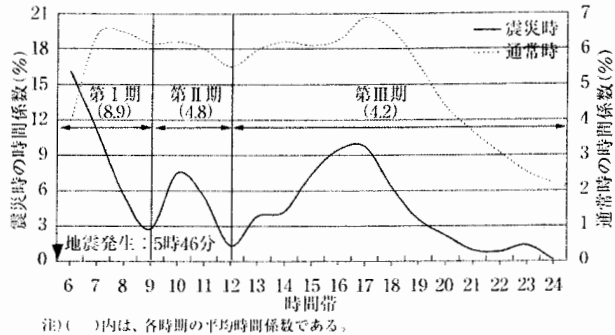
は、世帯ベースの避難交通(以下、避難交通)のみを取り上げ、交通需要特性を分析する。

b、避難交通の時間別需要変化

図三は、有効解析サンプル七二九世帯を用いて、避難交通の時間別需要特性を時間係数で表したものである。また、一般都市部の平常時の時間係数^(五)を取上げ、ピーク形成の傾向も比較する。時間係数は、式(二)により求めたもので、式(二)の日交通量は、一般的に「七時～翌日六時」の二四時間交通量を用いる。しかし、分析対象の避難交通需要は、発災当日の「六時～二四時」(正確には、五時四六分から)の一九時間の交通量であるため、平常時の時間係数も、一九時間の日交通量と基準化し、再算出する。

$$\text{時間係数II} = (\text{時間交通量} / \text{日交通量}) \times 100 \quad (二)$$

ただし、ここで、用いた平常時の時間係数は、一般都市部における「幹線道路」と「その他道路」の交通機関の道路交通^(六)のを平均したもの、災害時の時間係数は、徒歩などの交通手段の避難交通をベースとして得たものである。このように、災害時の場合、交通手段をベースとしたのは、道路施設への直接的な被災と沿道の倒壊建物による間接的な被災が、歩道と車道にわけ分担している平常の道路機能に影響を



図三 避難交通の時間別需要変化

与え、その機能分担ができず、交通手段別避難交通が一つの道路空間に混雑し、生じると思われるからである。

図三により発災当日の避難交通の時間係数をみると、最も高い水準を占めるのは、地震発生後約一

時間である午前六時台(六時～七時)の
一六・〇%(一一七
世帯/時間)で、地
震の揺れや被害状況
などによる直接的な
危機感から生じた緊

急避難が主に発生したものと思われる。一般的に、都市部幹線道路の平常ピーク時の時間係数は、約六～八%であるといわれているものの、地震発生直後の時間係数一六・〇%は、平常時の最大ピーク六・九%(一七七世帯/十七時台：十七～十八時台)

八時、図三により)の約二・三倍に達する水準である。

その後も、午前二・〇時台(二時～三時)と午後五時台(一七時～一八時)に避難交通のピーク時間帯が形成されている。これらの時間係数は、各々七・五%、九・七%で、平常時の最大ピーク六・九%よりも高い。これは、緊急的に発生した避難交通がある程度収まった後、時間の経過とともに、身の回りが徐々に明るくなり、周辺と地域の被害状況なども確認できるなど、被災や余震などによる自宅での居住可能性や発災当日の生活維持(寝場所などの確保)に関する判断が可能になったため、発生した避難交通需要と考えられる。

このように、避難交通需要が、震災直後の午前六時台に最初のピークを形成した後も、午前二・〇時台と午後五時台に二回のピーク時間帯を形成するなど、阪神・淡路大震災の発災当日における避難交通需要のピーク時間帯の形成パターンは、平常時、都市部のピーク時間帯の形成パターン(ピーク時間帯：七時台、一〇時台、一七時台、図三により)と類似したものである。

ここで、ピーク形成の時間帯に着目し、避難開始時期を以下に示す三時期にわけ、以後の避難交通需要を分析する。一方、この三時期における避難交通の発生状況について、時間係数を各時期別該当時間で平均した平均時間係数を用いる。この三時期のうち、第I期の平均時間係数が八・九%で、時

間単位の避難交通発生が最も高い時期を示す。第Ⅱ、Ⅲ時期の平均時間係数は、各々四・八％、四・二％で、それほど大きな差は見られない。

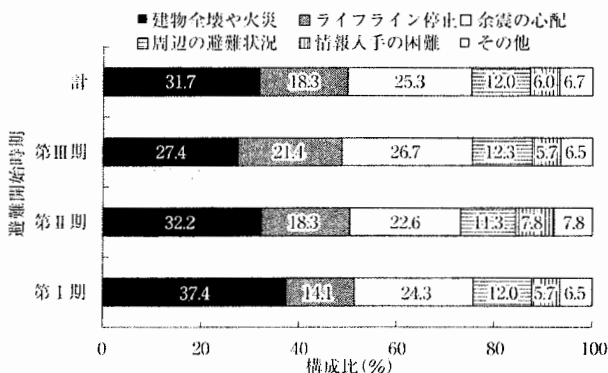
- ・第Ⅰ期：発災後一〜四時間（六時〜九時）で、最初のピーク形成時期
- ・第Ⅱ期：発災後五〜七時間（一〇時〜一二時）で、午前のピーク形成時期
- ・第Ⅲ期：発災後八〜一九時間（一三時〜二四時）で、午後のピーク形成時期

c、避難交通の避難理由

有効解析サンプル七二九世帯を用いて、避難交通の避難理由を図四に示す。避難理由は、建物全壊や火災、ライフラインの停止、余震の心配、周辺の避難状況、情報入手困難、その他の六カテゴリーである。一方、避難理由は、合計一六二七件の複数回答がなされているので、以後の分析では、これを母数とする。

まず、発災当日の避難理由をみると、一六二七件のうち、建物全壊や火災による避難が三一・七％（五一五件）で、全体の中で最も多い避難理由を占める。次は、二五・三％（四一一件）の余震の心配、一八・三％（二九九件）のライフラインの停止、一二・〇％（一九六件）の周辺の避難状況の順である。とくに、物的被災の直接的な影響と思われる建物全

災害時危機管理政策の基本情報に関する一考察（崔）



図四 避難開始時期別避難理由（複数回答）

壊や火災とライフラインの停止による避難理由が、全体の五〇・〇％を占めることから、地震による物的被害は、避難交通需要生成に影響を与える主要因の一つであると考えられる。

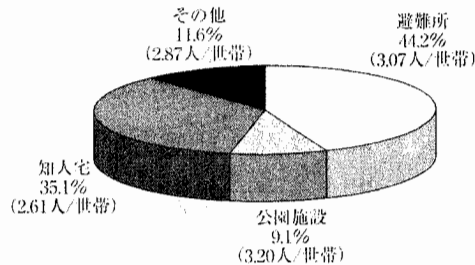
図四に示す避難理由の避難開始時期別変化をみると、建物全壊や火災による避難は、時間の経過（第Ⅰ期→第Ⅲ期）によって、「三七・四％→二七・四％」と変化し、その構成率が減っている。これは、前項で述べたように、避難交通需要の生成に及ぼす物的被害の影響力が、時間の経過とともに減少しているためと考えられる。一

方、ライフラインの停止による避難は「一四・一％→二一・四％」で、その構成率が増えている。これは、時間の経過とともに、周辺の被害が徐々に明らかにされていく中で、多くの世帯が、「発災当日の寝場所などの確保を含め、自宅での生活が困難である」という判断が増加したものと考えられる。

他の避難理由は、第Ⅱ期の避難開始時期を変曲点とし、余震の心配、周辺の避難状況による避難が、「二四・三％→二二・六％→二六・七％」、「一一・〇％→一一・三％→一二・三％」と減少した後、増加する。また、情報入手困難とその他による避難は、「五・七％→七・八％→五・七％」と「六・五％→七・八％→六・五％」で、増加した後、減少する傾向である。両者とも、その時期別変動幅はあまり大きくなく、一定水準で推移している。

（二）避難交通の分布交通特性

一般的に分布交通はOD交通を示すが、避難交通の分布交通特性は、避難交通の避難先別分布、避難開始時期別平均時間係数、距離分布から、その特性を分析する。避難先は、避難所（学校など）、公園施設、知人宅（知合い宅や実家など）、その他（宿泊施設や医療施設など）の四カテゴリーに分類する。



注) ()内は、平均避難同伴者数である。

図五 避難交通の避難先別分布

a、避難交通の避難先別分布

図五は、有効解析サンプル七二九世帯を用いて、避難交通の避難先別分布を示したものである。これによれば、有効解析サンプル七二九世帯のうち、避難交通の最も多い避難先は、四四・二％（三三二世帯）の避難所で、ついで、三五・一％（二五六世帯）の知人宅が避難所とともに、発災当日の主な避難先となる。これら、避難所と知人宅の二避難先だけでも七九・三％の非常に高い構成比を示す。他方、その他を避難先とする避難交通の分布は、一一・六％（八五世帯）であり、公園施設は、四つに分類した避難先のうち、その占める割合が最も低い九・一％（六六世帯）の避難先であるものの、その他と顕著な差は見られない。

また、避難先別平均避難同伴者数をみると、公共施設の避

難所と公園施設が多く、各々三・〇七人／世帯、三・二〇人／世帯を示す。その他と知人宅は、二・八七人／世帯、二・六一人／世帯で、公共施設より少ない。このようなことから、避難者の収容能力が大きい公共施設ほど、平均避難同伴者数は多いと考えられる。

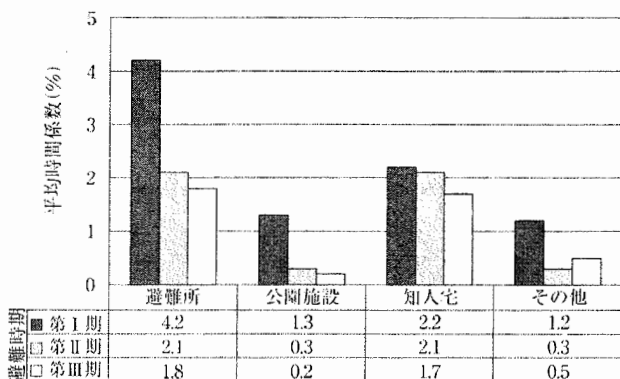
b、避難交通の避難先別平均時間係数の変動

有効解析サンプル七二九世帯の避難開始時期別平均時間係数を用いて、その変動を図六に示す。また、これらの平均時間係数は、図三の避難開始時期別平均時間係数の避難先別内訳でもある。

避難先の避難開始時期別平均時間係数の変化をみると、避難所の場合、第Ⅰ期には、四つの避難先のうち、平均時間係数が最も大きい四・二％であったものの、第Ⅱ、Ⅲ期には、各々五〇・〇％、五七・一％減少した二・一％、一・八％で、後述の知人宅と同様に一定水準を示す。

公園施設の場合、第Ⅰ期の平均時間係数一・三％に比べ、第Ⅱ、Ⅲ期には、各々七六・九％、八四・六％減少した〇・三％、〇・二％で、その減少率が最も大きい避難先である。

知人宅の場合、第Ⅰ期に二・二％であった平均時間係数が、第Ⅱ、Ⅲ期には二・一％と一・七％で、時期別にはそれほど大きな差は見られなく一定水準で推移している。その減少率においても第Ⅱ期は四・五％、第Ⅲ期は三二・七％で、時期



図六 避難交通の避難先別平均時間係数

水準である。

このように、震災直後の緊急避難が最も多い第Ⅰ期には避難所を、第Ⅱ、Ⅲ期においては、避難所と知人宅を主な避難

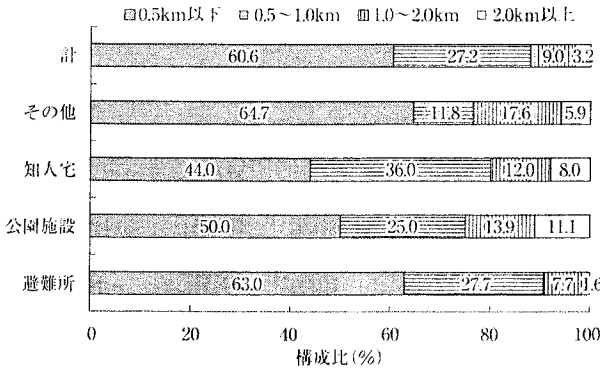
別変動が最も少ない避難先である。

その他の場合、第Ⅰ期の平均時間係数一・二％に比べ、第Ⅱ、Ⅲ期は、各々六・七％、五八・三％減少した〇・三％と〇・五％で、平均時間係数においては、前述の公園施設とはほぼ同じ水準を占めるものの、その減少率は、公園施設より、多少低い

先とした避難交通が多くを占める。

c、避難交通の避難先別距離分布

有効解析サンプル三七八世帯を用いて、避難交通の避難先別距離分布を示したものが図七である。避難先別距離は、避難交通の出発地から避難先までの距離で、〇・五km以下、〇・五～一・〇km、一・〇～二・〇km、二・〇～四・〇km以上の四カテゴリーに分類し、分析を行う。



図七 避難交通の避難先別距離分布

まず、避難交通全体（計）の距離別分布特性をみると、有効解析サンプル三七八世帯のうち、〇・五km以下の短い距離は六

〇・六％（二二九世帯）で、最も多い。次は、〇・五～一・〇kmの二七・二％（一〇三三世帯）で、距離が増加するとともに、その構成比は減少する傾向にある。このようなことから、震災時においても、平常時と同様に、目的地までの距離は交通抵抗として、分布交通に影響を与えていると思われる。また、これら〇・五km以下と〇・五～一・〇kmの二つ距離だけでも、その占める割合は、有効解析サンプル三七八世帯の八七・八％（三三三三世帯）で、多くの避難交通が一・〇km以下の距離で分布する。

避難先別の距離分布をみると、その他を除いた避難所、公園施設、知人宅は、上述の全体傾向と同様に、避難先までの距離が交通抵抗として働き、距離が遠いほど、分布交通の構成比は低くなる傾向を示す。

〇・五km以下の短い距離の分布が多い避難先は、六四・七％のその他で、次は、六三・〇％の避難所で、両者とも高い水準である。とくに、避難所の場合、〇・五km以下と〇・五～一・〇kmを含む一・〇km以下の距離では九〇・七％と非常に高い比率で、短い距離における避難交通の主な避難先であると思われる。また、避難所は一・〇km以上の距離で九・三％の避難交通が分布するものの、公園施設、知人宅、その他の場合、一・〇km以上の距離（一・〇～二・〇km、二・〇～四・〇km以下）でも、避難所の構成比より高い二〇・〇～二五・〇％

の避難交通の分布を占める。このようなことから、公共性の高い避難所を避難先とする避難交通は、短い距離に多く分布すると思われる。

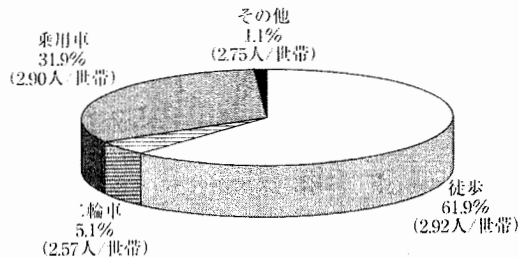
(三) 避難交通の交通手段分担特性

避難交通の交通手段分担特性は、交通手段別分担率、避難開始時期別平均時間係数、距離分布、避難先別分布に着目し、その交通需要特性を分析する。交通手段は、徒歩、二輪車、自転車とバイク、乗用車、その他（救急車と知人の迎え車など）の四カテゴリーに分類する。

a、避難交通の交通手段分担

有効解析サンプル七二九世帯を用いて、避難交通の交通手段分担をみると図八のようである。図八によれば、交通手段分担率の高いのは、六一・九%（四五一世帯）の徒歩で、避難交通の大半を占める。次は、三一・九%（二三三世帯）の乗用車で、徒歩とともに、発災当日の主な避難交通手段となり、二輪車とその他は、各々五・二%（三七世帯）、一・一%（八世帯）で、交通手段分担が低い。

また、避難交通手段別に平均避難同伴者数をみると、徒歩と乗用車による避難が、二・九二人／世帯、二・九〇人／世帯で、両者とも、ほぼ同じ水準で、四避難交通手段のうち、最も多い平均避難同伴者数を占める。ここで、乗用車の平均



注) ()内は、平均避難同伴者数である。

図八 避難交通の交通手段分担

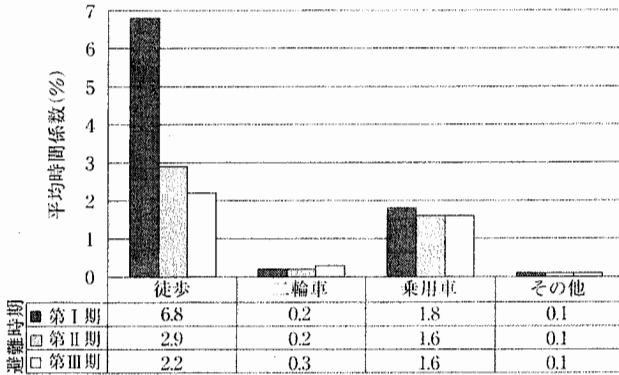
避難同伴者数は、平均乗車人数に相当するものである。次は、その他の二・七五人／世帯、二輪車の二・五七人／世帯の順である。

一方、既存研究（一）、（二）によると、平成五年七月一二日（月）に発生した北海道南西沖地震当日の避難交通手段分担は、徒歩が三四%、乗用車が五六%であり、平均乗車人

数も四・六〇人で、阪神・淡路大震災時の神戸市とは違い乗用車の分担率と平均乗車人数が高い。これは、地震発生地域が、地方都市部（北海道檜山支庁管内）と大都市部（神戸市）であったため、それぞれの地域の異なる交通環境や生活パターンなど、平常時の自動車に関する依存性が災害時にも反映された結果と考えられる。

b、避難交通の交通手段別平均時間係数の変動

ここでは、発災当日の避難開始時期別平均時間係数を用いて、その変動を分析する。図九は、有効解析サンプル七二九



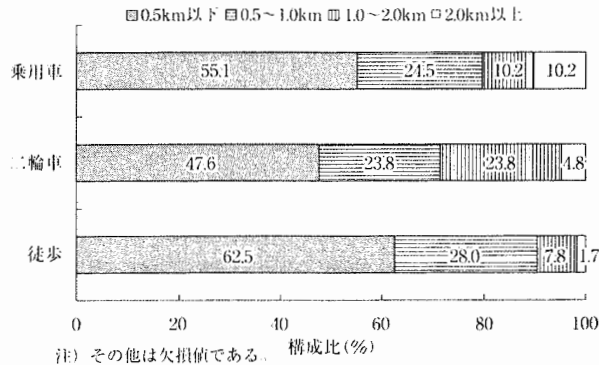
図九 避難交通の交通手段別平均時間係数

世帯の交通手段別平均時間係数を示したもので、図三の避難開始時期別平均時間係数の交通手段別内訳でもある。図九によると、四交通手段のうち、最も高い平均時間係数を示す徒歩の場合、第Ⅰ期に六・八%であったものが、第Ⅱ、Ⅲ期になると、各々五七・四%、六七・七%減少した二・九%、二・

二%で、その減少程度も大きい交通手段である。徒歩の次に、平均時間係数の高い交通手段は乗用車で、第Ⅰ期に平均時間係数一・八%であったものが、第Ⅱ期には一一・一%減少した一・六%、第Ⅲ期にも同じく一・六%と時間的な変動が少ない一定水準を保つ避難交通手段である。二輪車とその他は、平均時間係数の低い避難交通手段で、二輪車の場合、第Ⅰ期に〇・二%であったものが、第Ⅱ期には、第Ⅰ期と同じ水準の〇・二%で、第Ⅲ期には、第Ⅰ期より五〇・〇%増加した〇・三%の平均時間係数を示す。その他の場合、第Ⅰ、Ⅲ期は〇・一%の同じ水準の平均時間係数で、避難開始時期によるその変化がない避難交通手段である。

c、避難交通の交通手段別距離分布

避難交通の交通手段別距離分布は、図一〇に示され、分析に用いた有効解析サンプル数は三七七世帯である。ただし、避難交通手段のその他については、一世帯だけが二・〇km以上の避難距離を示しているため、他の避難交通手段と比較が困難である。そのため、ここで、その他の交通手段は欠損値とし、分析から除外することとする。距離の分類については、避難先別距離分布と同様に、〇・五km以下、〇・五～一・〇km、一・〇～二・〇km、二・〇km以上の四カテゴリとする。まず、徒歩による避難交通の距離分布は、〇・五km以下の短い距離で六二・五%、〇・五～一・〇kmで二八・〇%、一・



図一〇 避難交通の交通手段別距離分布

〇・五km以下の合計では九〇・五%で、徒歩による避難交通の大半が短い距離である。

徒歩の次に、〇・五km以下で多く分布する避難交通手段は、五五・一%の乗用車で、〇・五～一・〇kmの距離では、二四・五%である。一・〇km以下の合計では、七九・六%で、徒歩の次に多い避難交通を占める。一方、相対的に遠い距離とされる一・〇km以上(一・〇～二・〇km、二・〇km以上)では、徒歩の九・五%(七・八%、一・七%)に比べ、乗用車の方が二〇・四%(二〇・二%、一〇・二%)の高い割合である。

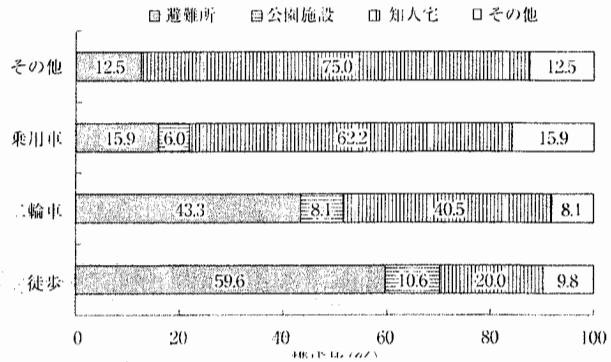
二輪車の場合、〇・五km以下、〇・五～一・〇kmでの分布は四七・六%、二三・八%で、徒歩と乗用車と比べ低い分布であるものの、一・〇～二・〇kmの距離では、徒歩(七・八%)と乗用車(一〇・二%)より高い二三・八%を示す。

d、避難交通の交通手段別避難先

有効解析サンプル七二九世帯を用いた避難交通手段別避難先の分布を図一一に示す。これによれば、徒歩の場合、四避難交通手段のうち、避難所の占める避難交通が最も多い五九・六%で、徒歩による主な避難先である。次は、二〇・〇%の知人宅、一〇・六%の公園施設、九・八%のその他の順となる。

二輪車による避難先別分布をみると、避難所への避難交通が四三・三%で最も多く分布し、知人宅においても、あまり差がない四〇・五%の高い割合である。また、公園施設とその他のにおいては、各々八・一%、八・一%の同じ水準を示す。乗用車による避難先別分布をみると、徒歩や二輪車で多く見られた避難所への避難交通は、一五・九%と低い構成比であるものの、知人宅への避難交通は六二・二%と高い構成比を占める。また、乗用車によるその他と公園施設への避難交通は、一五・九%と六・〇%の低い割合である。

その他の交通手段の場合、避難所への避難交通はみられないが、知人宅への避難交通は七〇・五%で、避難交通の大部



図一 避難交通の交通手段別避難先

は個人性の高い)と思われる避難先は、モビリティの高い交通手段ほどその占める割合が高いと思われる。ただし、その他の避難先は、公共性のある医療施設と個人性のある宿泊施設などで構成されていることに、注意する必要がある。

分を占める。ついで、その他と公園施設があげられ、両方とも一二・五%の同じ割合である。

このようなことから、公共性の高い(あるいは個人性の低い)と思われる避難先は、モビリティの低い交通手段ほどその占める割合が高くなり、これは逆に、公共性の低い(あるいは

四、避難交通需要の要因分析

(一) 分析モデルの検討

諸要因が、避難交通需要生成にどの程度影響を及ぼしているのかを明らかにするため、多重分散分析 (Multiple Classification Analysis, MCA) と多次元尺度 (MultiDimensional Scaling, MDS) 分析を行う。

多重分散分析 (MCA) とは、目的変数の避難交通需要 (発生交通、分布交通、交通手段分担) という事象に与える説明変数の諸要因 (世帯特性、被害特性、避難特性) の影響を分析する統計手法の一つである。ただし、MCA に用いる変数は、量的なデータの目的変数 (避難交通需要と、質的なデータの説明変数 (諸要因) であるものの、今まで述べてきた避難交通需要の対象は、避難有無などのカテゴリーの質的なものである。このようなことから、本分析においては、質的な変数である避難交通需要を、量的な変数と見なすこととする。避難有無は、「○: 避難無し、一: 避難有り」で、値が大きい (すなわち値が一に近い) ほど避難交通は発生しやすいものとする。避難先は、「一: 避難所、二: 公園施設、三: 知人宅、四: その他」の順で、値が低い (すなわち値が一に近

表四 多重分散分析に用いた要因とモデル

区 分		モデル (目的変数)		
		避難有無	避難先	避難交通手段
世帯特性	家族数	○	○	○
	乳幼児の有無	○	○	○
	高齢者の有無	○	○	○
被害特性	家屋の被害有無	○	○	○
	地域の住宅全壊率	○	○	○
避難特性	避難開始時期	—	○	○
	避難同伴者数	—	○	○
	避難先までの距離	—	○	○
	避難先	—	—	○

い) ほど公共性の高い (あるいは個人性の低い) ものとする。避難交通手段は、「一、徒歩、二、二輪車、三、乗用車、四、その他」の順で、値が低い (すなわち値が「一」に近い) ほどモビリティが低いものとする。表四に、これらの分析に考慮した要因を示す。

このような解釈は、判別分析、クラスタ分析、ロジットモデルなどと同様なスタンスである。また、避難交通需要と諸要因との関連性を、概念的なイメージとして視覚化するため、多次元尺度 (MDS) という分析手法を用いる。この分析は、事象間の類似性 (ある

いは非類似性)、データの構造を幾何学的な図で表す統計手法である。

表五 各モデルの分析精度

区 分	避難有無	避難先	避難交通手段
MSE	3.00	0.80	2.07
F 値	13.09*	1.28	5.02*
R ²	0.09	0.05	0.21

注) *: 有意水準 1% で有意である。

類似性データとは、事象間の概算距離を表す類似性、非類似性、距離、あるいは接近性などで、事象間の関連性を量として反映するものである。ここでは、避難交通需要、諸要因の各変数間の相関係数を事象間の距離とし、その概念的な位置関係を図式化する。一般的に概念的な位置関係は、事象の間に類似性があれば二つの近接した点で、相違すれば遠く離れた二点で、ユークリッド距離により表す。また、MCAと

MDS の計算式などに関しては、文献 (1) を参考することとし、ここでは、紙面上の制約もあるため、その説明については省略する。

表五は、MCA の分析精度を残差の平均二乗 MSE (Mean of Squares due to residual Errors) の F 値及び決定係数 R² によって検討した結果を示したものである。残差の平均二乗 MSE は、観測値と推定値との差の程度を示す指標で、MSE 値が小さいほど分析モデルの精度は高い。F 値は、回帰モデルによって説明される変動で、

MSE に対する MSR の比率を示す指標である。ここで、MSR (Mean of Squares due to Regression) は回帰によって説明される変動の平均であり、F 値が大きいほど分析モデルの精度は高い。決定係数 R^2 は、モデルの説明力、すなわち観測値と推定値の間の一致率を示す指標で、 R^2 が大きいほど説明力は高い。

各評価指標によってモデルに対する評価結果は少しずつ異なるが、全体的にその精度は低い。これは、分析モデルによる避難交通需要の推定値が、整数である観測値に対し、小数となるため、観測値と推定値との差が大きくなった当然な結果と思われる。このようなことから、ここでは、避難交通需要に及ぼす諸要因の影響程度だけを分析することとし、避難交通需要構造(予測)モデルの精度などのモデル自体に関する議論は、別の機会とする。

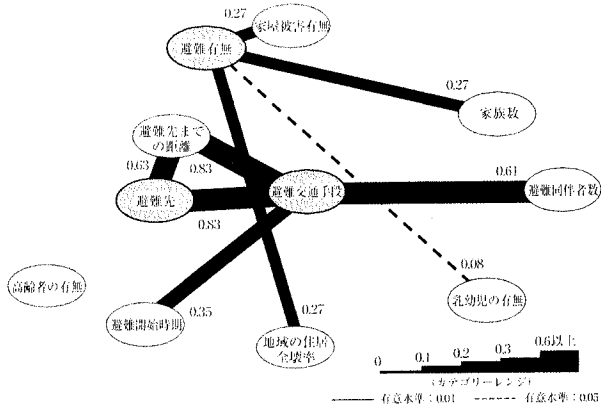
(二) 避難交通需要の要因分析

諸要因による避難交通需要への影響は、MCA から得た各要因のカテゴリーレンジにより影響程度を分析し、その概念的な位置関係を MDS により表す。ここで、カテゴリーレンジとは、目的変数の総平均と説明変数の各要因のカテゴリー別平均との差(カテゴリー偏差)の範囲で、要因別カテゴリーの影響による総平均の変動幅(感度)を示す指標であ

る。

MDS による図式化に当たっては、まず、避難交通需要、諸要因の各変数間の相関値により、各々の空間的距離の概念的な位置をプロットする。そのあと、MCA からの有意水準一%と五%で有意である各要因のカテゴリーレンジだけをを用いて、対応する変数間を結んで表現する。図一二は、以上の手続きによって、避難交通需要に及ぼす諸要因の影響程度を集約したものである。変数間の距離が近いと、変数間の関係は高い(正の相関)ことを、変数間を結んだ線が太いと、避難交通需要に与える影響は大きいことを意味する。ただし、変数間の位置関係において、距離が遠い場合、変数間の相関が低い、負の相関関係であることに注意する必要がある。

これによると、避難有無の場合(発生交通、有効解析サンブル一四六九世帯)、有意水準一%で有意である三要因、世帯特性の家族数、被害特性の家屋の被害有無と地域の住宅全壊率の要因により影響を受ける。その影響度(カテゴリーレンジ)は、三つとも〇・二七で、避難交通の発生に及ぼす影響は同じ水準を示す。また、乳幼児の有無は、有意水準五%で有意である要因で、その影響度は〇・〇八とそれほど大きい影響ではない。避難先の場合(分布交通、有効解析サンブル三七八世帯)、避難先までの距離だけの要因(有意水準一%で有意)が、分布交通の変動に影響(〇・六三)を与える。



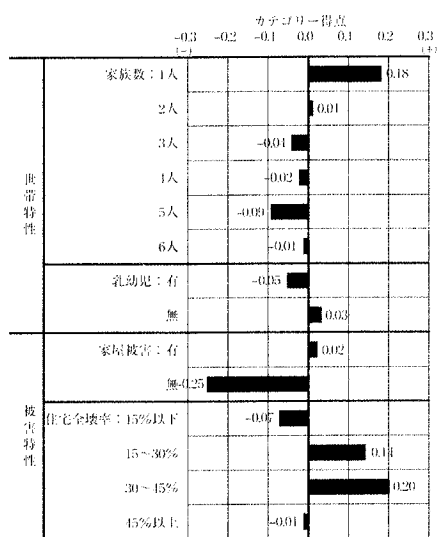
図一ニ 避難交通需要に及ぼす諸要因の関連

度は、各々〇・八三、〇・六一、〇・三五、〇・八三で、避難先の種類と避難先までの距離による影響が最も大きい。一方、避難交通需要に及ぼす各要因のカテゴリ別影響度の分析は、MCAから分析した各要因別カテゴリ偏差(以

災害時危機管理政策の基本情報に関する一考察(崔)

また、避難交通手段の場合(交通手段分担、有効解析サンプル三七八世帯)、有意水準一%で有意である要因は、避難特性に関する避難先、避難同伴者数、避難開始時期、避難先までの距離の四要因である。避難交通手段分担の変動への影響

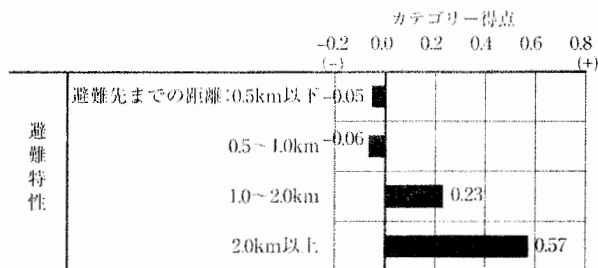
下、カテゴリ得点を用いて行う。カテゴリ得点の大きさは、要因別カテゴリによる避難交通需要の変動の感度を示す指標の一つである。避難発生交通は図一三に、避難先別分布交通は図一四に、避難交通手段分担は図一五に、図一二と同様に、有意水準一%と五%で有意である各要因別カテゴリ得点だけを用いて示す。



図一三 避難発生交通に及ぼす各要因別カテゴリ影響度

右側にあると避難交通を発生しやすい傾向(+)に影響すると解釈する。世帯特性からみると、二人以下で家族数の少ない場合(カテゴリー得点〇・〇一〜〇・一八)、乳幼児の少ない場合(〇・〇三)の方が、避難交通を発生しやすい方(+)に影響を与える。これは、世帯の構成特性と世帯単位での動きやすさとの関連性を反映した結果と思われる。被害特性においては、地震による家屋の被害がある場合(〇・〇二)と住宅全壊率が高い場合(三・〇〜四・五%、〇・二〇)、避難交通を発生しやすい傾向(+)に影響する。ただし、地域の住宅全壊率が四五%以上で、被害度が最も大きい場合、避難交通の発生を抑制する要因(マイナス〇・〇一)として働く。これは、三章一節からも述べたように、一定水準以上の被害状況では、地域における被害程度の増加とともに、道路閉塞程度も増加するため、避難交通を抑制する要因となったものと考えられる。

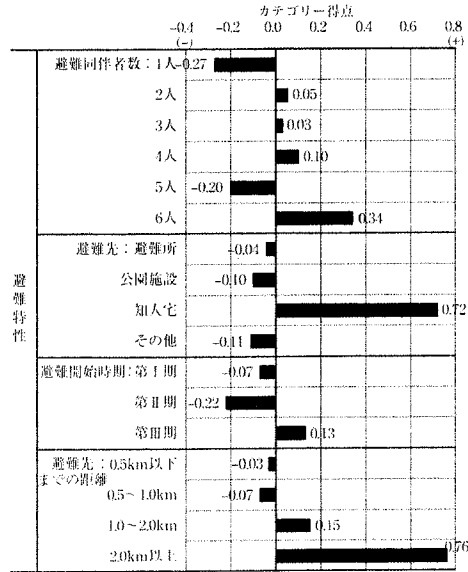
避難交通の避難先別分布交通の場合(図一四)、標準化された平均〇・〇を基準とし、各要因のカテゴリー得点が、左側にあると、避難交通は公共性の高い(あるいは個人性の低い)避難先に分布する傾向(−)に、右側にあると、避難交通は公共性の低い(あるいは個人性の高い)避難先に分布する傾向(+)に影響するものである。ここで用いた要因は、有意水準一%で有意である避難特性の避難先までの距離だけ



図一四 避難先別分布交通及ばす各要因別カテゴリー影響度

である。図一四によると、避難先までの距離が遠いほど(二・〇km以上、カテゴリー得点〇・五七)、公共性の低い(あるいは個人性の高い)避難先(+)への分布に影響を及ぼす要因であると考えられる。

避難交通の交通手段分担の場合(図一五)、標準化された平均〇・〇を基準とし、各要因のカテゴリー得点が、左側にあると、避難交通はモビリティの低い交通手段の分担しやすい傾向(−)に、右側にあると、避難交通はモビリティの高い交通手段の分担しやすい傾向(+)に影響するものである。避難交通手段分担に影響を及ぼす要因は、避難特性に関するもので、避難同伴者の場合、避難同伴者数が多い(六人、カ



図一五 避難発生交通に及ぼす各要因別カテゴリー影響度

(+)を示す。ただし、避難先のその他は、公共性の高い医療施設と公共性の低い宿泊施設で構成されるものの、交通手段分担においては、モビリティが低い手段分担に影響（マイナス〇・一一）を及ぼすカテゴリーである。

五、まとめ

災害時の危機管理政策に必要とする基本情報（intelligence needs of policy）に資するため、平成七年一月一七日に発生した阪神・淡路大震災発生当日の避難交通を対象に、避難交通需要特性とその需要に影響を及ぼす要因分析を行った。その結果、以下の点が明らかになった。

- （一）地震発生当日の世帯当り避難トリップ数は、一・四四トリップ/世帯であり、地域の被害度（住宅全壊率）の増加は、災害による危険性や発災当日の生活維持困難性（寝場所の喪失など）を高め、避難交通を増加させる要因となる。
- （二）地域の被害度の増加は、道路閉塞程度を増加させ、避難交通の移動性を制約するため、被害度が一定水準（ここでは、住宅全壊率四五％以上）を超える場合、避難交通は減少する。
- （三）発災当日、避難交通の最大ピークは、地震発生直後の午

テグリー得点〇・三四）と避難交通手段は、モビリティの高い交通手段の分担しやすい方（+）に影響する。一方、五人の避難同伴者数（マイナス〇・二〇）は、これとは反対で、モビリティが低い交通手段の方（-）を示すが、その理由については現段階では不明である。また、避難先の公共性が低く（知人宅、〇・七二）、避難開始時期が遅く（第Ⅲ期、〇・一三）、避難先までの距離が遠い（二・二〇km以上、〇・七六）ほど、モビリティの高い避難交通手段の分担しやすい傾向

前六時台(時間係数一六・〇%)に発生しており、平常時ピーク(一七時台)の二倍を超える。また、一〇時台、一七時台にもピーク時間が発生し、平常時ピーク時間帯形成とよく似たパターンである。

四) 避難交通発生の主な理由は、建物全壊や火災とライフラインの停止で五〇・〇%であるが、建物全壊や火災による避難は時間の経過とともに減少し、ライフラインの停止による避難は増加する傾向である。

五) 発災当日の主な避難先は、避難所(四四・二%)と知人宅(三五・一%)で、平常時の分布交通と同様に、距離が交通抵抗となり、避難交通の八七・八%は、一・〇km以下の短い距離の避難先に多く分布する。

六) 避難交通の主な交通手段は、六一・九%の徒歩と三一・九%の乗用車で、とくに、徒歩による避難交通の九〇・五%は、一・〇km以下の短い距離である。また、徒歩は公共性の高い避難所を、乗用車は公共性の低い知人宅を避難先とする避難交通手段である。

七) 避難交通の発生交通に影響を及ぼす要因は、家族数、乳幼児の有無、家屋の被害有無、地域の住居全壊率の四要因である。また、家族数の少ない世帯、乳幼児のない世帯、被害が大きい地域の世帯ほど、避難交通を発生しやすい傾向である。

八) 避難先別分布交通に影響する要因は、避難先までの距離の一要因で、近い距離ほど、公共性の高い避難先に分布しやすい傾向である。

九) 避難交通手段分担に影響を与える要因は、避難同伴者数、避難先の種類、避難開始時期、避難先までの距離の四要因である。多い避難同伴者数、公共性の低い避難先、遅い避難開始時期、遠い避難先ほど、モビリティの高い避難交通手段が選択されやすい傾向である。

以上のように、本研究から得た結果を基にして、今後、更なる調査・分析からの成果を蓄積し、災害時の避難交通に関する一般性の高い交通需要特性などを求める必要がある。また、本論文では、避難交通需要に関する要因などを検討したが、今後、この結果を基にして、避難交通需要構造(予測)モデルの開発などの研究に発展させていくことも必要と考える。

参考文献

- (一) 崔幸栄、川島一彦、中島燈：北海道南西沖地震による交通需要変動の解析、第九回日本地震工学シンポジウム、二号、二二〇三、二二〇八項、一九九四年二月
- (二) 崔幸栄、川島一彦：北海道南西沖地震が交通需要の変動に与える

影響、土木学会論文集、五四三のIの三六号、二五九～二六九項、一九九六年七月

(三) 阪神・淡路大震災記念協会：阪神・淡路大震災 教訓情報資料集（阪神・淡路大震災の教訓情報分析・活用調査）、二〇〇〇年三月

(四) 熊谷良雄、小林明彦：災害時の避難行動の分析「八、小貝川水害を事例として」、第一七回日本都市計画学会学術研究論文集、五四一～五四五項、昭和五十七年

(五) 小阪俊吉、堀口高尾：地震浸水時の広域避難行動「一九六四年新潟地震の新潟市」、第二〇回日本都市計画学会学術研究論文集、六一～六六項、昭和六〇年

(六) 塩野計司、宮野道雄、小坂俊吉：地震時の短期的避難需要とその抑制、第三回都市直下地震災害総合シンポジウム、四五三～四五六項、一九九八年

(七) Harlod D. Lassell: *Policy Orientation, Policy Sciences*, Stanford University Press, pp 3-15, 1951.

(八) 神戸市：阪神・淡路大震災「被災状況及び復興への取り組み状況」、平成一二年二月

(九) 神戸市：阪神・淡路大震災「神戸市の記録一九九五年」、一九九六年

(一〇) 神戸大学、(株) 野村総合研究所：「被災地での住民行動の実態に関するアンケート」調査、平成七年四月

(一一) 建設省建築研究所：阪神・淡路大震災復興計画支援システムによる建築物被災度集計結果、平成八年三月

(一二) 神戸市：第七一回神戸市統計書（平成六年度版）、一九九五年

(一三) NOBERT OPPENHEIM: *Urban Travel Demand, From Individual Choices to General Equilibrium*, A Wiley Interscience Publication JOHN WILEY & SONS, Inc. 1997

(一四) 塚口博司、戸谷哲男、中辻清恵：阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究、国際交通安全学会誌、二二の二号、二二～三三項、一九九六年

(一五) 関沢愛、吉原浩：阪神・淡路大震災における道路通行障害に関する研究、地域安全学会論文報告集、七号、三二～三五項、一九九七年

(一六) 藤田大二編：交通現象と交通容量、交通工学研究会、一九八七年

(一七) 吹田四郎：道路工学演習、学献社、一九九三年

(一八) SPSS *Statistical Algorithms*, Second Edition, SPSS Inc., Chicago, 1991